

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 特 許 公 報 (B 2)

(11) 特許番号

特許第3013596号
(P3013596)

(45) 発行日 平成12年 2 月28日 (2000. 2. 28)

(24) 登録日 平成11年12月17日 (1999. 12. 17)

(51) Int.Cl.⁷

識別記号

F I

G 0 1 F 1/66

G 0 1 F 1/66

A

請求項の数 2 (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平4-119369

(22) 出願日 平成 4 年 5 月13日 (1992. 5. 13)

(65) 公開番号 特開平5-312611

(43) 公開日 平成 5 年11月22日 (1993. 11. 22)

審査請求日 平成10年 4 月 1 日 (1998. 4. 1)

(73) 特許権者 000005234

富士電機株式会社

神奈川県川崎市川崎区田辺新田 1 番 1 号

(72) 発明者 花宮 幾雄

神奈川県川崎市川崎区田辺新田 1 番 1 号

富士電機株式会社内

(74) 代理人 100085833

弁理士 松崎 清

審査官 江塚 政弘

(56) 参考文献 実開 昭60-118919 (J P, U)

実開 昭60-61622 (J P, U)

(58) 調査した分野(Int.Cl.⁷, D B名)

G01F 1/66

(54) 【発明の名称】 透過式超音波流量計

1

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 超音波振動子とこれが接着されるくさびとを備え超音波の送信、受信が可能な 1 対の送受波器を、配管の外壁面に互いに位置をずらして対向配置し、上流側の超音波振動子から下流側の超音波振動子までの音波の伝播時間と、下流側の超音波振動子から上流側の超音波振動子までの音波の伝播時間との差から流体の流速または流量を測定する透過式超音波流量計において、前記 1 対の送受波器の少なくとも一方におけるくさびの配管長軸方向の断面形状を、数分の 1 の分割円または分割楕円状とすることを特徴とする透過式超音波流量計。

【請求項 2】 超音波振動子とこれが接着されるくさびとを備え超音波の送信、受信が可能な 1 対の送受波器を、配管の外壁面に互いに位置をずらして対向配置し、上流側の超音波振動子から下流側の超音波振動子までの

2

音波の伝播時間と、下流側の超音波振動子から上流側の超音波振動子までの音波の伝播時間との差から流体の流速または流量を測定する透過式超音波流量計において、前記 1 対の送受波器の少なくとも一方におけるくさびの先端部にテーパを付してなることを特徴とする透過式超音波流量計。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 この発明は、配管外壁から流体中に超音波を発射して配管外壁面で受信し、その伝播時間が流体の流速または流量に比例することを原理とする透過式超音波流量計、特にその改良に関する。

【0002】

【従来の技術】 図 9 および図 10 は透過式超音波流量計（単に、超音波流量計ともいう）の従来例を示す概要図

である。図9に示すものは、流体中に発射され流体中を伝播する超音波を受信する超音波送受波器（以下、単に送受波器ともいう）2a、2bを音響カップリング材10を介して、流体を導く配管1の外壁頂部の同一線上に一定の距離をもって互いに対向配置した例である。また、図10に示すものは、流体中に発射され配管内壁で反射する超音波を受信する送受波器2a、2bを、音響カップリング材10を介して、流体を導く配管1の外壁頂部の異なる線上に、一定の距離を隔てて互いに対向配置した例である。

【0003】図9、図10で用いられる送受波器2a、2bとしては例えば図11に示すように、超音波透過材として一般的に用いられているエポキシ系樹脂などのブロック（以下、単にくさびともいう）4に、PZT（ $Pb(Zr \cdot Ti)O_3$ ）のような圧電素子である超音波振動子3を接着して構成される。図11（イ）は側断面図、同（ロ）は上面図である。このような構成において、送受波器2aから発射された超音波が送受波器2bに到達するまでの時間と、送受波器2bから発射された超音波が送受波器2aに到達するまでの時間との時間差が、配管1内を流れる流体20の流速または流量に比例することから、この時間差より流速または流量を測定するというのが超音波流量計の測定原理である。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記のような超音波流量計では、一方の送受波器から流体中を伝播して他方の送受波器に受信される超音波（直接受波）に対し、配管内外壁に沿って、あるいは配管肉厚部で多重反射しながら伝播する超音波（いわゆる回り込み波）がノイズとして重畳されるのが普通である。この回り込み波の影響について、図12～15を参照して以下に説明する。図12、図13に示すように、超音波振動子3で発射された超音波は直接受波Wとして伝播し、残りは回り込み波W1、W2、W3として、図示されない他方の送受波器に受信される。回り込み波の成分は図13（イ）、（ロ）に示すように、管肉厚部で多重反射しながら伝播する波W1と、管外壁面16に沿って伝播する波W2および管内壁面15に沿って伝播する波W3との混在波である。これらの回り込み波のうち直接受波に重畳する波として、直接受波よりも手前の時間帯で受信された波の尾引き（波の尾引きが直接受波の時間領域まで延びているもの）と、配管の円周肉厚部を伝播する波とがあるが、後者は送信の指向性を高めると減少することが分かっている。

【0005】図14に図9、図10のような超音波流量計における直接受波S_rと、直接受波の手前の時間帯で受信された配管の回り込み波R_rとの関係を示す。同図に示すように、配管の回り込み波R_rの尾引きが直接受波S_rと重なることから、受信波のS/Nが低下するというわけである。図15は従来の送受波器における超音

波振動子より発射される超音波（以下、音線ともいう）の伝播様を説明するための説明図で、同図（イ）は超音波振動子の側断面図、（ロ）はその上面図である。同図において、 θ は配管長手軸の垂直線に対する超音波振動子3の超音波の打ち込み角度、 u および t は配管長手軸方向に対し或る指向角度で超音波振動子3から発射した音線、 d は超音波振動子3の外径寸法をそれぞれ示す。

【0006】すなわち、矢印で示す如き各音線 u_1 、 u_2 、 u_3 、 t_1 、 t_2 、 t_3 は近距離音場で、エネルギーの大きな1次反射波が超音波振動子3に入射して、受信側の送受波器2bに向かう音線 u_3 、 t_3 となる。ところで、この音線 u_3 、 t_3 は配管への入射角度が小さく超音波振動子との間で多重反射するので、送信波の尾引きが長びく傾向にある。このように、A2で示す領域に入射した音線の一部が受信側の送受波器2bに向かうことになるので、結局はA1、A2、A3で示す各領域が、受信側の送受波器2bに向かう音線の領域ということになり、送信波の尾引きを形成する音線になり易いといえる。このように、従来のものには回り込み波、特にその尾引きによって受信波のS/Nが低下し、流体の流速または流量に比例する直接受波の伝播時間の計測精度が低下して、正確な測定ができなくなるという問題がある。したがって、この発明の課題は送信の指向性を高めるとともに、送受波器内での超音波の多重反射を少なくし、回り込み波の尾引きを減少させて計測精度を向上させることにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】このような課題を解決するため、第1の発明では、超音波振動子とこれが接着されるくさびとを備え超音波の送信、受信が可能な1対の送受波器を、配管の外壁面に互いに位置をずらして対向配置し、上流側の超音波振動子から下流側の超音波振動子までの音波の伝播時間と、下流側の超音波振動子から上流側の超音波振動子までの音波の伝播時間との差から流体の流速または流量を測定する透過式超音波流量計において、前記1対の送受波器の少なくとも一方におけるくさびの配管長軸方向の断面形状を、数分の1の分割円または分割楕円状とすることを特徴としている。また、第2の発明では、前記1対の送受波器の少なくとも一方におけるくさびの先端部にテーパを付けたことを特徴としている。

【0008】

【作用】発射した超音波の反射波が超音波振動子に入射しないよう、くさびの形状に工夫を凝らすことにより、送受波器内での超音波の多重反射を少なくし、回り込み波の尾引きを減少させて計測精度の向上を図る。

【0009】

【実施例】図1はこの発明の実施例を示す構成図で、同図（イ）は側断面図、同図（ロ）は上面図である。同図

において、1は配管、2a、2bは送受波器、3は超音波振動子、4はくさび、5はケース、6はケーブル、7は吸音材、10は音響カップリング材、20は流体をそれぞれ示している。すなわち、この実施例は図1（イ）に符号4Aで示すように、くさび4の先端部に曲がりをつけるとともに、その曲部4Aとケース5との間にはゴム質のような詰物（吸音材ともいう）7を充填して構成される。こうすることにより、吸音材7により曲部4Aに入射した音線のエネルギーの一部が吸音されるとともに、くさび4の曲部4Aでの反射波が超音波振動子3に入射することなく、くさび4内で多重反射を繰り返して受信側の送受波器2bへの伝播方向とは逆向きの送信伝播波となる。その結果、見掛けの伝播指向性が向上するだけでなく、送受波器内の超音波振動子の多重反射が減るので、配管1での回り込み波の尾引きが少なくなり、受信波のS/Nが向上することになる。

【0010】くさび4の先端部に曲がりをつける理由について、図2を参照して説明する。図2（イ）はくさびの側断面図、同図（ロ）はその上面図である。また、同図（イ）の θ は配管長手軸の垂直線に対する超音波振動子3の超音波の打ち込み角度、uおよびtは配管長手軸方向に対し或る指向角度で超音波振動子3から発射した音線、dは超音波振動子3の外径寸法、Rは円の半径または楕円の焦点距離をそれぞれ示している。くさび4の形状は円または楕円の一部（分割円または分割楕円ともいう）であり、その円の中心または楕円の焦点は超音波振動子3のくさび4の取付面4Bの延長線上に位置し、くさび4の取付面4Bに垂直で超音波振動子3の外径位置を通る線Tが、円弧または楕円弧と交わる点Pまでの範囲にある分割円または分割楕円である。

【0011】このようにすれば、音線u1、u2、t1、t2は円の半径方向の中心線を法線として反射するので、符号A2で示す領域に入射した音線の反射波は、超音波振動子3に戻ることなく全て受信側の送受波器2bに向かう超音波の伝播方向（右向き）とは逆向き（左向き）となり、符号A1で示す領域内にある超音波だけが受信側の送受波器2bに向かうことになる。このため、送信の見掛け上の伝播指向性が向上するとともに、送受波器内部での超音波振動子の多重反射が減り、その結果、配管の回り込み波の発生が少なくなって受信波のS/Nが向上するというわけである。

【0012】図3はこの発明の他の実施例を示す構成図＊

$$L = d \cdot \{ \tan \theta_r + \tan (2\theta_r - \theta) \} / \{ 1 - \tan \theta \cdot \tan (2\theta_r - \theta) \} \quad \dots (1)$$

ここに、 θ_r は反射壁4Cの設定角度、dは超音波振動子の外径寸法を示し、 $2\theta_r > \theta$ とする。

【0016】サイドロープの発生角度 θ は、超音波振動子の外径寸法dによって異なり、図7に示すような関係がある。同図の符号Bは指向性を示し、第1種ベッセル関数で示される。また、Zは θ 、超音波振動子の外径寸

＊で、同図（イ）は側断面図、同図（ロ）はその上面図である。なお、各部に付された符号は図1と同じである。すなわち、この実施例は同図（ロ）からも明らかなように、くさびの先端部にテーバを付けた点が特徴である。このテーバ部とケース5との間には、図1の場合と同様にゴム質のような詰物（吸音材ともいう）7が充填され、この吸音材7によってテーバ部に入射した音線のエネルギーの一部を吸音する。くさびの先端部にテーバを付ける理由について、図4を参照して以下に説明する。

10 【0013】図4はくさび先端部のテーバを120度にした例である。この図において、送受波器内の超音波振動子3から発射した音線uおよびtは送受波器内の壁4Cで反射し、受信側の送受波器2bに向かう超音波の伝播方向とは逆向きとなり、符号A2で示す領域で同図（ロ）の上面図における音線の角度が ± 30 度以内であれば、全て音線は受信側の送受波器2bに向かう超音波の伝播方向とは逆向きとなる。また、同図（ロ）の上面図における音線の角度が ± 30 度以内であれば、符号A1、A3で示す領域の音線だけが受信側の送受波器2bに向かうことになり、送信の見掛けの伝播指向性が向上し、配管の回り込み波の発生が少なくなって受信波のS/Nが向上する。

30 【0014】図5にくさび先端部のテーバを90度にするるとともに、テーバの中心位置をずらした例を示す。この場合は、図5（ロ）の上面図での音線の角度が ± 45 度以内であれば、符号A1、A3で示す領域の音線だけが受信側の送受波器2bへと向かうことになり、超音波振動子3から発射される超音波の指向性が良くない場合でも、良好な送受信が可能となる。その他の点は図2または図4の場合と同様なので、詳細は省略する。

40 【0015】くさびの先端部にテーバを付ける場合、超音波振動子とテーバ部との間の距離を考慮することにより、より確実に超音波振動子に反射音線が入るのを避けることができる。図6はこのことを説明するためのもので、Lが超音波振動子3とテーバ先端部（送受波器の反射壁4C）との間の距離を示している。すなわち、図の θ をサイドロープの発生角度に設定すると、超音波振動子3の音線の発射角度の大半はサイドロープの発生角度以下であることから、送受波器内での超音波振動子の多重反射を大幅に低減することができる。なお、距離Lと θ の間には、次式のような関係がある。

法d、くさび中の超音波の波長 λ などを用いて、図中に示す式から計算される。また、その指向性Bは例えば図8に示すような特性となる。同図の符号Sdpはサイドロープを示す。つまり、（1）式に示す超音波振動子3とテーバ先端部との距離Lは、超音波振動子3の外径寸法dから図8を参照してサイドロープの発生角度 θ を求

め、この角度 θ から(1)式の演算をすることにより得ることができる。

【0017】

【発明の効果】この発明によれば、超音波振動子を取り付けられるくさびの配管長軸方向の断面形状を分割円または分割楕円とするか、もしくはくさびの先端部にテーパを形成するようにしたので、受信波の見掛け上の伝播指向性が向上して配管の回り込み波の発生が少なくなるとともに、送受波器内での多重反射が減少して配管の回り込み波の尾引きが少なくなり、その結果、受信波のS/Nが向上し、測定精度が向上する利点が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の実施例を示す構成図である。

【図2】図1の作用を説明するための説明図である。

【図3】この発明の他の実施例を示す構成図である。

【図4】図3で、くさび先端部のテーパを120度にした場合の作用を説明するための説明図である。

【図5】図3で、くさび先端部のテーパを90度にするるとともに、テーパの中心位置をずらした場合の作用を説明するための説明図である。

【図6】超音波振動子とテーパ部との間の距離を説明するための説明図である。

【図7】超音波振動子の指向性を説明するための説明図*

*である。

【図8】サイドローブの発生角度と超音波振動子の外径寸法との関係を説明するための説明図である。

【図9】超音波流量計の従来例を示す概要図である。

【図10】超音波流量計の他の従来例を示す概要図である。

【図11】従来の送受波器の一例を示す構成図である。

【図12】配管における回り込み波を説明するための斜視図である。

10 【図13】配管における直接受波と回り込み波とを説明するための説明図である。

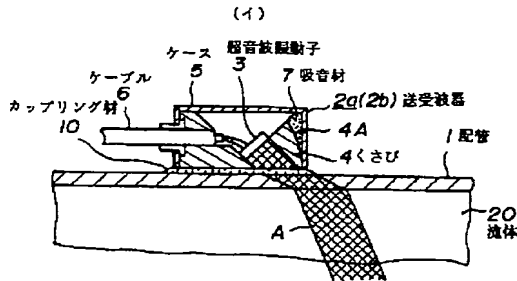
【図14】直接受波と回り込み波との関係を説明するための波形図である。

【図15】従来の送受波器における超音波振動子より発射される超音波の伝播様を説明するための説明図である。

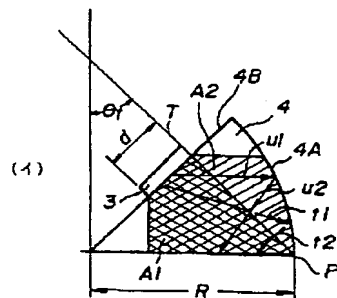
【符号の説明】

1…配管、2a、2b…超音波送受波器、3…超音波振動子、4…くさび、4A…くさび曲部、4B…超音波振動子の取付面、5…ケース、6…ケーブル、7…吸音材（ゴム質の詰物）、10…音響カップリング材、15…管内壁面、16…管外壁面、20…流体。

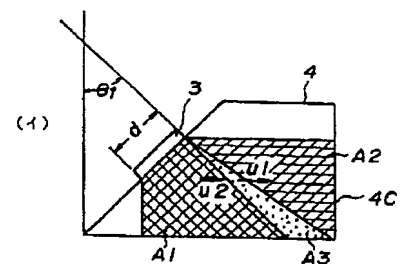
【図1】



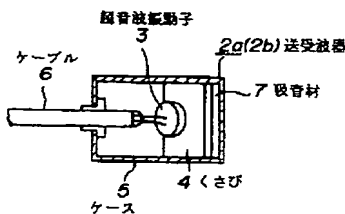
【図2】



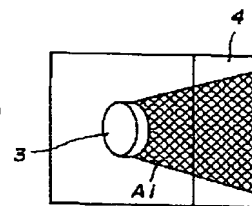
【図5】



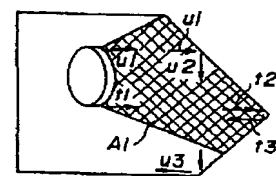
【図3】



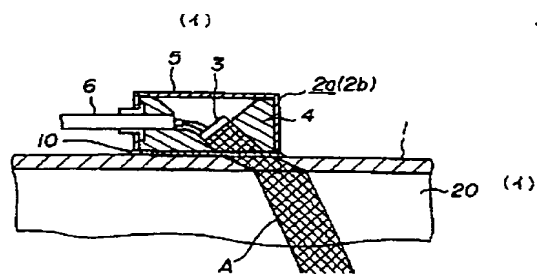
【図4】



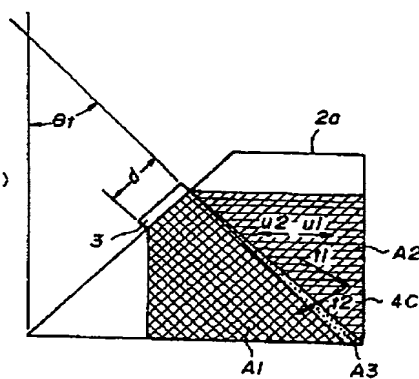
【図6】



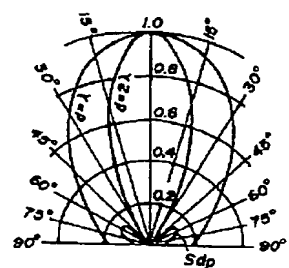
【圖 3】



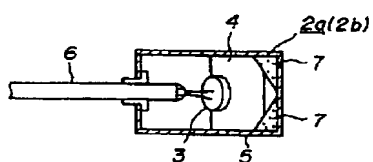
【圖 4】



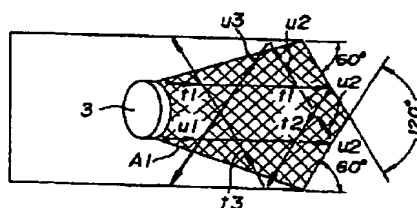
【圖8】



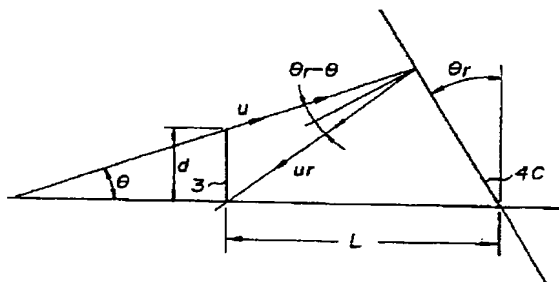
(口)



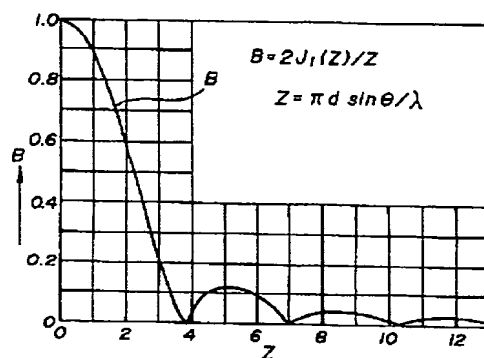
(四)



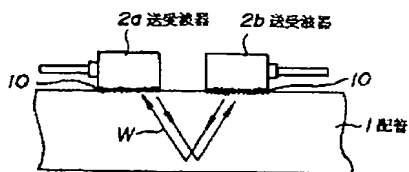
【図6】



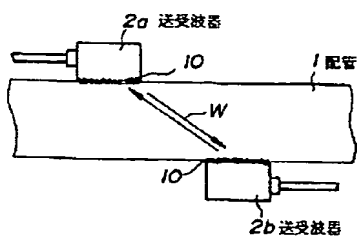
【図 7】



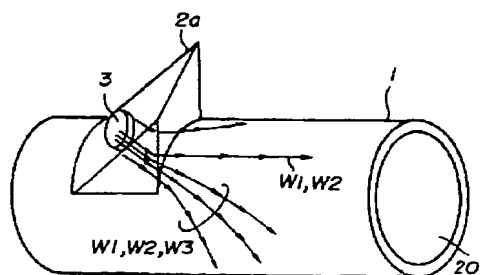
【図9】



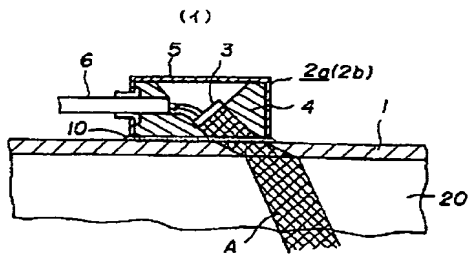
【図 10】



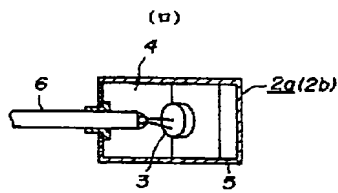
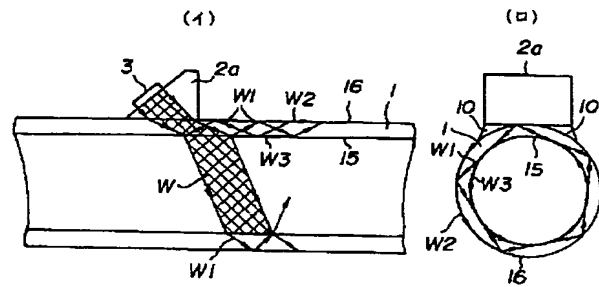
【圖 12】



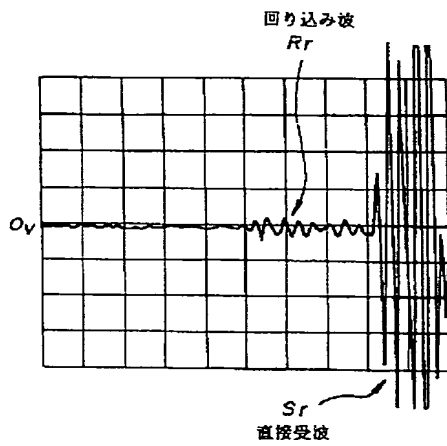
【図11】



【図13】



【図14】



【図15】

